

Docket No.: 50395-256

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Takahiro SUNAGA, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: March 02, 2004	:	Examiner: Unknown
	:	
For: OPTICAL SWITCH	:	

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

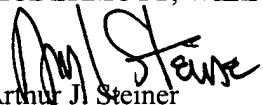
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claims the priority of:

Japanese Patent Application 2003-065472, filed March 11, 2003
United States Provisional No. 60/501,848, filed September 11, 2003

cited in the Declaration of the present application. A certified copy of Japanese Patent Application No. 2003-065472 is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Arthur J. Steiner
Registration No. 26,106

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 AJS:tlb
Facsimile: (202) 756-8087
Date: March 2, 2004



50395-250
SUNAGA, et al.
March 2, 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 1 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 6 5 4 7 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 6 5 4 7 2]

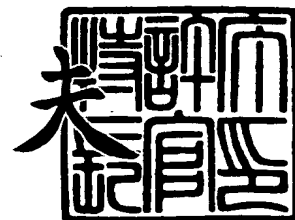
出 願 人 住 友 電 気 工 業 株 式 会 社
Applicant(s):



2 0 0 3 年 9 月 2 4 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 3 - 3 0 7 8 1 3 3



【書類名】 特許願

【整理番号】 103Y0031

【提出日】 平成15年 3月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/08
G02B 6/35

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 須永 隆弘

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 片山 誠

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会
社横浜製作所内

【氏名】 蟹江 智彦

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也



【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【弁理士】

【氏名又は名称】 柴田 昌聰

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0106993

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光スイッチ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光が入射される n ケ所 (n は複数) の入力ポートと、光が出射される n ケ所の出力ポートとを有する光スイッチにおいて、

1 ケ所の前記入力ポートと n ケ所の第 1 接続ポートとを有する n 個の第 1 スイッチ部と、

1 ケ所の前記出力ポートと n ケ所の第 2 接続ポートとを有する n 個の第 2 スイッチ部と、

前記第 1 スイッチ部の前記各第 1 接続ポートを異なる前記第 2 スイッチ部の前記第 2 接続ポートに接続する ($n \times n$) 本の光ファイバとを備えることを特徴とする光スイッチ。

【請求項 2】 前記第 1 スイッチ部は、

前記第 1 接続ポートをもった n 本の第 1 接続用光導波路と、前記各第 1 接続用光導波路を横切るように形成され前記入力ポートをもった 1 本の入力用光導波路とを有する第 1 平面導波路と、

前記第 1 平面導波路における前記各第 1 接続用光導波路と前記入力用光導波路との交差部に形成された凹部に入り込んだ状態で、前記入力用光導波路からの光を前記各第 1 接続用光導波路に向けて反射させる n 個の第 1 反射ミラーと、

前記各第 1 反射ミラーを個別に駆動する第 1 駆動手段とを有し、

前記第 2 スイッチ部は、

前記第 2 接続ポートをもった n 本の第 2 接続用光導波路と、前記各第 2 接続用光導波路を横切るように形成され前記出力ポートをもった 1 本の出力用光導波路とを有する第 2 平面導波路と、

前記第 2 平面導波路における前記各第 2 接続用光導波路と前記出力用光導波路との交差部に形成された凹部に入り込んだ状態で、前記各第 2 接続用光導波路からの光を前記出力用光導波路に向けて反射させる n 個の第 2 反射ミラーと、

前記各第 2 反射ミラーを個別に駆動する第 2 駆動手段とを有することを特徴とする請求項 1 記載の光スイッチ。

【請求項 3】 前記第 1 及び第 2 反射ミラーは、前記第 1 及び第 2 平面導波路の上部に設けられた片持ち梁に固定され、

前記第 1 及び第 2 駆動手段は、前記第 1 及び第 2 平面導波路の上部に設けられた電極と、前記片持ち梁と前記電極との間に静電引力を発生させる手段とを有することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光スイッチ。

【請求項 4】 前記片持ち梁及び前記電極には、各々櫛歯部が互いに対向するように設けられていることを特徴とする請求項 3 記載の光スイッチ。

【請求項 5】 光が入射される n ケ所 (n は複数) の入力ポートと、光が出射される n ケ所の出力ポートとを有する光スイッチにおいて、

前記各入力ポートと前記各出力ポートとの間に形成された ($n \times n$) 本の光路上を通る光の損失が実質的に同等であることを特徴とする光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信システム等で用いられる光スイッチに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

光通信システムで用いられる光スイッチとしては、例えば非特許文献 1 に記載されているものが知られている。この文献に記載の光スイッチは 4×4 のマトリックススイッチであり、4 つの入力ポートと 4 つの出力ポートとを有する平面導波路チップと、入力ポートからの光を出力ポートに向けて反射させる 16 個のマイクロミラーを有するスイッチチップとを備えている。

【0003】

【非特許文献 1】

4×4 MATRIX SWITCH BASED ON MEMS SWITCHES AND INTEGRATED WAVEGUIDES, The 11th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, Munich, Germany, June 10-14, 2001

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術においては、光の経路によって、入力ポートから出力ポートまでの光導波路の距離が異なるが、光が通る光導波路の距離が長くなるほど、光導波路による光損失（導波路損失）が増大する。このため、光導波路の距離が最短の経路と最長の経路とでは、導波路損失に大きな差が生じることになる。

【0005】

本発明の目的は、経路の違いによる光損失の差を低減することができる光スイッチを提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、光が入射される n ケ所（ n は複数）の入力ポートと、光が出射される n ケ所の出力ポートとを有する光スイッチにおいて、1 ケ所の入力ポートと n ケ所の第1接続ポートとを有する n 個の第1スイッチ部と、1 ケ所の出力ポートと n ケ所の第2接続ポートとを有する n 個の第2スイッチ部と、第1スイッチ部の各第1接続ポートを異なる第2スイッチ部の第2接続ポートに接続する（ $n \times n$ ）本の光ファイバとを備えることを特徴とするものである。

【0007】

第1スイッチ部及び第2スイッチ部の光路を平面導波路として形成した場合、各第1スイッチ部において、入力ポートから各第1接続ポートまでの光導波路の距離（光路長）がそれぞれ異なり、各第2スイッチ部において、各第2接続ポートから出力ポートまでの光路長がそれぞれ異なる。そこで、第1スイッチ部の第1接続ポートと第2スイッチ部の第2接続ポートとを光ファイバで接続する際には、入力ポートまでの光路長が短い第1接続ポートと出力ポートまでの光路長が長い第2接続ポートとを接続し、入力ポートまでの光路長が長い第1接続ポートと出力ポートまでの光路長が短い第2接続ポートとを接続する。このように構成することにより、各入力ポートと各出力ポートとの間における平面導波路の部分の光路長をほぼ均等にすることが可能となる。これにより、入力ポートと出力ポートとの間の経路の違いによる光損失の差を低減することができる。

【0008】

好ましくは、第1スイッチ部は、第1接続ポートをもった n 本の第1接続用光

導波路と、各第1接続用光導波路を横切るように形成され入力ポートをもった1本の入力用光導波路とを有する第1平面導波路と、第1平面導波路における各第1接続用光導波路と入力用光導波路との交差部に形成された凹部に入り込んだ状態で、入力用光導波路からの光を各第1接続用光導波路に向けて反射させるn個の第1反射ミラーと、各第1反射ミラーを個別に駆動する第1駆動手段とを有し、第2スイッチ部は、第2接続ポートをもったn本の第2接続用光導波路と、各第2接続用光導波路を横切るように形成され出力ポートをもった1本の出力用光導波路とを有する第2平面導波路と、第2平面導波路における各第2接続用光導波路と出力用光導波路との交差部に形成された凹部に入り込んだ状態で、各第2接続用光導波路からの光を出力用光導波路に向けて反射させるn個の第2反射ミラーと、各第2反射ミラーを個別に駆動する第2駆動手段とを有する。

【0009】

上述したように、入力ポートまでの光路長が短い第1接続ポートと出力ポートまでの光路長が長い第2接続ポートとを接続し、入力ポートまでの光路長が長い第1接続ポートと出力ポートまでの光路長が短い第2接続ポートとを接続した場合には、どのような経路を通っても、入力ポートから出力ポートまでの間に通過する凹部の数を一定にすることが可能となる。この場合には、光が凹部を通過することにより生じる光損失は、経路に係わらず等しくなる。これにより、入力ポートと出力ポートとの間の経路の違いによる光損失の差を更に低減することができる。

【0010】

また、好ましくは、第1及び第2反射ミラーは、第1及び第2平面導波路の上部に設けられた片持ち梁に固定され、第1及び第2駆動手段は、第1及び第2平面導波路の上部に設けられた電極と、片持ち梁と電極との間に静電引力を発生させる手段とを有する。この場合には、片持ち梁と電極との間に生じる静電引力によって片持ち梁が電極に引き寄せられ、これに伴って反射ミラーが移動する。このように静電引力を利用して反射ミラーを動かすことで、ほとんど電流を流さずに済むため、省電力化を図ることができる。

【0011】

この場合、好ましくは、片持ち梁及び電極には、各々櫛歯部が互いに対向するように設けられている。このように電極に櫛歯部を設けることにより、電極の表面積が増えるので、片持ち梁と電極との間に生じる静電引力が大きくなる。従って、電極に供給する駆動電圧を低くしたり、片持ち梁を短くした場合でも、十分な駆動力が確保される。

【0012】

また、本発明は、光が入射される n ケ所 (n は複数) の入力ポートと、光が射出される n ケ所の出力ポートとを有する光スイッチにおいて、各入力ポートと各出力ポートとの間に形成された ($n \times n$) 本の光路上を通る光の損失が実質的に同等であることを特徴とするものである。これにより、入力ポートと出力ポートとの間の経路の違いによる光損失の差が十分に低減される。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る光スイッチの好適な実施形態について図面を参照して説明する。

【0014】

図1は、本発明に係る光スイッチの一実施形態を示す概略構成図である。同図において、本実施形態の光スイッチ1は、4つの光入力部と4つの光出力部とを有する 4×4 スイッチである。光スイッチ1は、4個の 4×1 スイッチ部2A～2Dと、4個の 4×1 スイッチ部3A～3Dとを備えている。

【0015】

スイッチ部2A～2Dは平面導波路4を有し、この平面導波路4には、4本の接続用光導波路5a～5dと1本の入力用光導波路6とが設けられている。各接続用光導波路5a～5dは、互いに平行に延在すると共に等ピッチとなるように形成されている。入力用光導波路6は、各接続用光導波路5a～5dを斜めに横切ると共に、両端部において接続用光導波路5a～5dに対して平行に延在するように形成されている。

【0016】

また、平面導波路4において、各接続用光導波路5a～5dと入力用光導波路

6 との交差部には、接続用光導波路 5 a ～ 5 d に対して垂直な方向に延びる溝部 7 a ～ 7 d がそれぞれ形成されている。各溝部 7 a ～ 7 d 内には、入力用光導波路 6 からの光信号を各接続用光導波路 5 a ～ 5 d に向けて反射させる反射ミラー 8 a ～ 8 d が挿入される。

【0017】

スイッチ部 3 A ～ 3 D は、上記のスイッチ部 2 A ～ 2 D と同一の構造を有している。即ち、スイッチ部 3 A ～ 3 D は平面導波路 9 を有し、この平面導波路 9 には、4 本の接続用光導波路 10 a ～ 10 d と 1 本の出力用光導波路 11 とが設けられている。各接続用光導波路 10 a ～ 10 d は、互いに平行に延在すると共に等ピッチとなるように形成されている。出力用光導波路 11 は、各接続用光導波路 10 a ～ 10 d を斜めに横切ると共に、両端部において接続用光導波路 10 a ～ 10 d に対して平行に延在するように形成されている。

【0018】

また、平面導波路 9 において、各接続用光導波路 10 a ～ 10 d と出力用光導波路 11 との交差部には、接続用光導波路 10 a ～ 10 d に対して垂直な方向に延びる溝部 12 a ～ 12 d がそれぞれ形成されている。各溝部 12 a ～ 12 d 内には、各接続用光導波路 10 a ～ 10 d からの光信号を出力用光導波路 11 に向けて反射させる反射ミラー 13 a ～ 13 d が挿入される。

【0019】

このような各スイッチ部 2 A ～ 2 D と各スイッチ部 3 A ～ 3 D は、互いに対向するように並設されている。スイッチ部 2 A ～ 2 D において、入力用光導波路 6 の一端部（スイッチ部 3 A ～ 3 D 側の端部）は、光信号が入射される入力ポート 14 を構成し、各接続用光導波路 5 a ～ 5 d の一端部は、光信号が出射される接続ポート 15 を構成している。また、スイッチ部 3 A ～ 3 D において、各接続用光導波路 10 a ～ 10 d の一端部（スイッチ部 2 A ～ 2 D 側の端部）は、光信号が入射される接続ポート 16 を構成し、出力用光導波路 11 の一端部は、光信号が出射される出力ポート 17 を構成している。

【0020】

各スイッチ部 2 A ～ 2 D の入力用光導波路 6（入力ポート 14）には入力用光

ファイバ 18 が接続され、各スイッチ部 3 A～3 D の出力用光導波路 11（出力ポート 17）には出力用光ファイバ 19 が接続されている。

【0021】

また、スイッチ部 2 A～2 D の接続用光導波路 5 a～5 d（接続ポート 15）とスイッチ部 3 A～3 D の接続用光導波路 10 a～10 d（接続ポート 16）とは、16（4×4）本の接続用光ファイバ 20 で接続されている。これらの接続用光ファイバ 20 は、スイッチ部 2 A～2 D の各接続ポート 15 を互いに異なるスイッチ部 3 A～3 D の接続ポート 16 に接続するように構成されている。

【0022】

具体的には、スイッチ部 2 A の接続用光導波路 5 a はスイッチ部 3 A の接続用光導波路 10 a と接続され、スイッチ部 2 A の接続用光導波路 5 b はスイッチ部 3 B の接続用光導波路 10 b と接続され、スイッチ部 2 A の接続用光導波路 5 c はスイッチ部 3 C の接続用光導波路 10 c と接続され、スイッチ部 2 A の接続用光導波路 5 d はスイッチ部 3 D の接続用光導波路 10 d と接続されている。スイッチ部 2 B の接続用光導波路 5 a はスイッチ部 3 B の接続用光導波路 10 a と接続され、スイッチ部 2 B の接続用光導波路 5 b はスイッチ部 3 A の接続用光導波路 10 b と接続され、スイッチ部 2 B の接続用光導波路 5 c はスイッチ部 3 D の接続用光導波路 10 c と接続され、スイッチ部 2 B の接続用光導波路 5 d はスイッチ部 3 C の接続用光導波路 10 d と接続されている。スイッチ部 2 C の接続用光導波路 5 a はスイッチ部 3 C の接続用光導波路 10 a と接続され、スイッチ部 2 C の接続用光導波路 5 b はスイッチ部 3 D の接続用光導波路 10 b と接続され、スイッチ部 2 C の接続用光導波路 5 c はスイッチ部 3 B の接続用光導波路 10 c と接続され、スイッチ部 2 C の接続用光導波路 5 d はスイッチ部 3 A の接続用光導波路 10 d と接続されている。スイッチ部 2 D の接続用光導波路 5 a はスイッチ部 3 D の接続用光導波路 10 a と接続され、スイッチ部 2 D の接続用光導波路 5 b はスイッチ部 3 C の接続用光導波路 10 b と接続され、スイッチ部 2 D の接続用光導波路 5 c はスイッチ部 3 A の接続用光導波路 10 c と接続され、スイッチ部 2 D の接続用光導波路 5 d はスイッチ部 3 B の接続用光導波路 10 d と接続されている。

【0023】

このとき、スイッチ部 2A～2Dにおいて入力ポート 14 から接続ポート 15 までの光導波路の距離は、接続用光導波路 5a～5dの順に長く、スイッチ部 3A～3Dにおいて接続ポート 16 と出力ポート 17 までの光導波路の距離は、接続用光導波路 10a～10dの順に短い。従って、上記のような接続形態とすることにより、スイッチ部 2A～2Dにおける入力ポート 14 から各接続ポート 15 までの光導波路の距離と、スイッチ部 3A～3Dの各接続ポート 16 から出力ポート 17 までの光導波路の距離との合計は、16 経路全てについて等しくなる。

【0024】

スイッチ部 2A～2Dの入力ポート 14 及び接続ポート 15 と入力用光ファイバ 18 及び接続用光ファイバ 20 とは、ファイバアレイ 21 を介して接続されている。スイッチ部 3A～3Dの接続ポート 16 及び出力ポート 17 と接続用光ファイバ 20 及び出力用光ファイバ 19 とは、ファイバアレイ 22 を介して接続されている。ファイバアレイ 21, 22 は、調心（光軸合わせ）を行った状態で、平面導波路 4, 9 の端面に接着剤で接合されている。なお、この時に使用される接着剤は屈折率調整されているので、光伝送に支障をきたすことはない。

【0025】

次に、スイッチ部 2A～2Dの構造について、図 2～図 4 により具体的に説明する。図 2 はスイッチ部 2A～2Dの水平方向断面図であり、図 3 はスイッチ部 2A～2Dの垂直方向断面図であり、図 4 はスイッチ部 2A～2Dの分解斜視図である。なお、図 2 では、接続用光導波路を 1 本のみ図示している。

【0026】

各図において、スイッチ部 2A～2Dは、微小電子機械システム（MEMS）技術を用いて平面導波路 4 上に形成された MEMS 構造体 23 を有している。MEMS 構造体 23 は Si 基板 24 を有し、この Si 基板 24 には、4 本の接続用光導波路 5a～5d に対応して 4 つのアクチュエータ 25a～25d が設けられている（図 4 参照）。

【0027】

各アクチュエータ 25 a ~ 25 d は、S i 基板 24 に設けられた片持ち梁 26 を有し、この片持ち梁 26 は、導電性を有する S i 等で形成されている。片持ち梁 26 には、複数の櫛歯からなる櫛歯部 27 が設けられている。片持ち梁 26 の先端には支持部 28 が設けられ、この支持部 28 には反射ミラー 8（上記の反射ミラー 8 a ~ 8 d）が固定されている。この反射ミラー 8 も、導電性を有する S i 等で形成されている。また、反射ミラー 8 の光反射面には、入力用光導波路 6 からの光を各接続用光導波路 5 a ~ 5 d に向けてほぼ全反射させるべく、A u 等がコーティングされている。

【0028】

また、各アクチュエータ 25 a ~ 25 d は、S i 基板 24 に設けられた電極 29 を有している。この電極 29 は、導電性を有する S i 等で形成され、片持ち梁 26 に対して平行に延在している。電極 29 には、複数の櫛歯からなる櫛歯部 30 が片持ち梁 26 の櫛歯部 27 と対向するように設けられている。

【0029】

片持ち梁 26 と電極 29 とは、電圧源 31 を介して接続されている。この電圧源 31 により片持ち梁 26 と電極 29 との間に所定の電圧を印加することで、両者間に静電引力（静電気力）を発生させて片持ち梁 26 を電極 29 側に撓ませ、反射ミラー 8 を水平方向（スイッチ部 2 A ~ 2 D の幅方向）に移動させる。

【0030】

このように静電引力によって反射ミラー 8 を動かすので、ほとんど電流を流さずに済み、省電力化を図ることができる。また、電極 29 には櫛歯部 30 が設けられているので、電極 29 の表面積が全体的に大きくなる。従って、その分だけ片持ち梁 26 と電極 29 との間に生じる静電引力が増大するため、反射ミラー 8 を低電圧駆動することができる。

【0031】

このような MEMS 構造体 23 は、各アクチュエータ 25 a ~ 25 d の片持ち梁 26 が平面導波路 4 の接続用光導波路 5 a ~ 5 d に対して平行に延在して反射ミラー 8 a ~ 8 d が平面導波路 4 の溝部 7 a ~ 7 d 内に入り込むように、平面導波路 4 の上面に貼り付けられている（図 3 及び図 4 参照）。

【0032】

以上のようなスイッチ部 2 A～2 Dにおいて、通常は、図 2 に示すように、片持ち梁 2 6 が真っ直ぐに延びている。この状態では、入力用光導波路 6 に入射された光は、溝部 7 a～7 d 内をそのまま通り、溝部 7 a～7 d を挟んで反対側の入力用光導波路 6 に導かれる。一方、電圧源 3 1 により片持ち梁 2 6 と電極 2 9 との間に所定の電圧を印加すると、両者間に生じる静電気力によって片持ち梁 2 6 の先端側部分が電極 2 9 に引き寄せられて、櫛歯部 3 0 の各櫛歯間に櫛歯部 2 7 の櫛歯が入り込み、これに伴って反射ミラー 8 a～8 d が電極側に移動する。この状態では、入力用光導波路 6 に入射された光は、反射ミラー 8 a～8 d で反射して接続用光導波路 5 a～5 d に導かれる。

【0033】

スイッチ部 3 A～3 D は、特に図示はしないが、上記の MEMS 構造体 2 3 と同じ構造体を平面導波路 9 上に有している。このようなスイッチ部 3 A～3 D において、通常のオフ状態では、各接続用光導波路 1 0 a～1 0 d に入射された光は、溝部 1 2 a～1 2 d 内をそのまま通過する。一方、反射ミラー 1 3 a～1 3 d を駆動してオン状態にすると、各接続用光導波路 1 0 a～1 0 d に入射された光は、反射ミラー 1 3 a～1 3 d で反射して出力用光導波路 1 1 に導かれる。

【0034】

以上のように構成した光スイッチ 1 において、光信号をスイッチ部 2 A の入力用光導波路 6 に入射させて、スイッチ部 3 D の出力用光導波路 1 1 から出射させる場合は、図 5 に示すように、スイッチ部 2 A の反射ミラー 8 d 及びスイッチ部 3 D の反射ミラー 8 d をオンにする。これにより、スイッチ部 2 A の入力用光導波路 6 を通る光信号は、溝部 7 a～7 c をそのまま通過し、溝部 7 d 内の反射ミラー 8 d で反射する。そして、その反射光は、接続用光導波路 5 d を通り、更にスイッチ部 2 A、3 D 同士を接続する光ファイバ 2 0 を通り、スイッチ部 3 D の接続用光導波路 1 0 d に入射される。そして、接続用光導波路 1 0 d を通る光が溝部 1 2 d 内の反射ミラー 1 3 d で反射し、その反射光が出力用光導波路 1 1 を通って出力される。

【0035】

ここで、比較例として、従来一般の 4×4 光スイッチの一つを図6に示す。同図において、光スイッチ50はマトリックススイッチであり、横方向に延びる4本の光導波路51a～51dと縦方向に延びる4本の光導波路52a～52dとを有している。また、光スイッチ50は、光導波路51a～51dと光導波路52a～52dとの各交差部に形成された溝部53内に入り込んだ状態で、光導波路51a～51dからの光を光導波路52a～52dに向けて反射させる16個の反射ミラー54を有している。

【0036】

このような光スイッチ50において、光信号を光導波路51aに入射させて光導波路52aから出射させる場合は、図6(a)に示すように、光導波路51a, 52aの交差部に対応する反射ミラー54をオンにする。光信号を光導波路51dに入射させて光導波路52dから出射させる場合は、図6(b)に示すように、光導波路51d, 52dの交差部に対応する反射ミラー54をオンにする。

【0037】

図6(a)に示す経路と図6(b)に示す経路とでは、光が通る光導波路の距離(光路長)及び溝部53の数が異なる。一般に平面導波路では、光が通る光導波路の距離が長くなるほど光損失が増大し、光が通る溝部の数が多くなるほど光損失(挿入損失)が増大する。例えば波長 $1550\mu\text{m}$ では、光導波路の光損失は 0.4 dB/cm である。また、光が溝部を1つ通過するたびに、光損失は約 0.5 dB となる。

【0038】

このため、光導波路51aの入力ポート I_1 から光導波路52aの出力ポート O_1 までの光路長が 2.4 mm 、光導波路51dの入力ポート I_2 から光導波路52dの出力ポート O_2 までの光路長が 10 mm である場合には、光導波路による光損失の差が約 0.3 dB となる。また、入力ポート I_1 から出力ポート O_1 までの経路では、通過する溝部53が1つであるのに対し、入力ポート I_2 から出力ポート O_2 までの経路では、通過する溝部53が7つであるため、溝部53による光損失の差が約 3 dB となる。従って、図6(a)に示す経路と図6(b)に示す経路では、光損失の差が全体として約 3.3 dB と非常に大きくなる。

【0039】

これに対し本実施形態の光スイッチ1では、上述したように、スイッチ部2A～2Dの入力ポート14からスイッチ部3A～3Dの出力ポート17までの間において、接続用光ファイバ20の部分を除く光導波路の距離（光路長）は、全ての経路について同等である。また、スイッチ部2A～2Dの入力ポート14からスイッチ部3A～3Dの出力ポート17までの間に通過する溝部の総数は、全ての経路について一定（5つ）である。また、各接続用光ファイバ20の長さが不均一な場合であっても、その長さが数cm～数十cm程度であれば、接続用光ファイバ20の光損失は無視できる。従って、光スイッチ1の光損失は、経路に係わらず同等になる。

【0040】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態では、スイッチ部2A～2Dとスイッチ部3A～3Dを同一構造としたが、特にこれには限らず、例えば図7に示すような光スイッチ40としてもよい。光スイッチ40は、スイッチ部2A～2Dの入力用光導波路6とスイッチ部3A～3Dの出力用光導波路11とが線対称となるように、スイッチ部2A～2D及びスイッチ部3A～3Dを構成・配置したものである。

【0041】

また、上記実施形態では、電極26と片持ち梁29との間に静電引力を発生させて反射ミラー8a～8d、13a～13dを動かすように構成したが、特にそのような静電アクチュエータに限られず、電磁力を利用する電磁アクチュエータ等を用いてもよい。

【0042】

さらに、上記実施形態では、反射ミラー8a～8d、13a～13dを水平方向に動かす構成としたが、垂直方向に動かす構成としてもよい。

【0043】

また、上記実施形態の光スイッチは4×4スイッチであるが、本発明は、nヶ所（nは複数）の入力ポートとnヶ所の出力ポートとを有するn×nスイッチであれば適用可能である。

【0044】

【発明の効果】

本発明によれば、1ヶ所の入力ポートとnヶ所の第1接続ポートとを有するn個の第1スイッチ部と、1ヶ所の出力ポートとnヶ所の第2接続ポートとを有するn個の第2スイッチ部と、第1スイッチ部の各第1接続ポートを異なる第2スイッチ部の第2接続ポートに接続する($n \times n$)本の光ファイバとを設けたので、経路の違いによる光損失の差を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る光スイッチの一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】

図1に示すスイッチ部の水平方向断面図である。

【図3】

図2のIII-III線断面図である。

【図4】

図1に示すスイッチ部の分解斜視図である。

【図5】

図1に示す光スイッチの動作状態の一例を示す図である。

【図6】

比較例として、 4×4 光マトリックススイッチを示す概略構成図である。

【図7】

図1に示す光スイッチの変形例を示す概略構成図である。

【符号の説明】

1…光スイッチ、2A～2D…スイッチ部（第1スイッチ部）、3A～3D…スイッチ部（第2スイッチ部）、4…平面導波路（第1平面導波路）、5a～5d…接続用光導波路（第1接続用光導波路）、6…入力用光導波路、7a～7d…溝部（凹部）、8a～8d…反射ミラー（第1反射ミラー）、9…平面導波路（第2平面導波路）、10a～10d…接続用光導波路（第2接続用光導波路）、11…出力用光導波路、12a～12d…溝部（凹部）、13a～13d…反

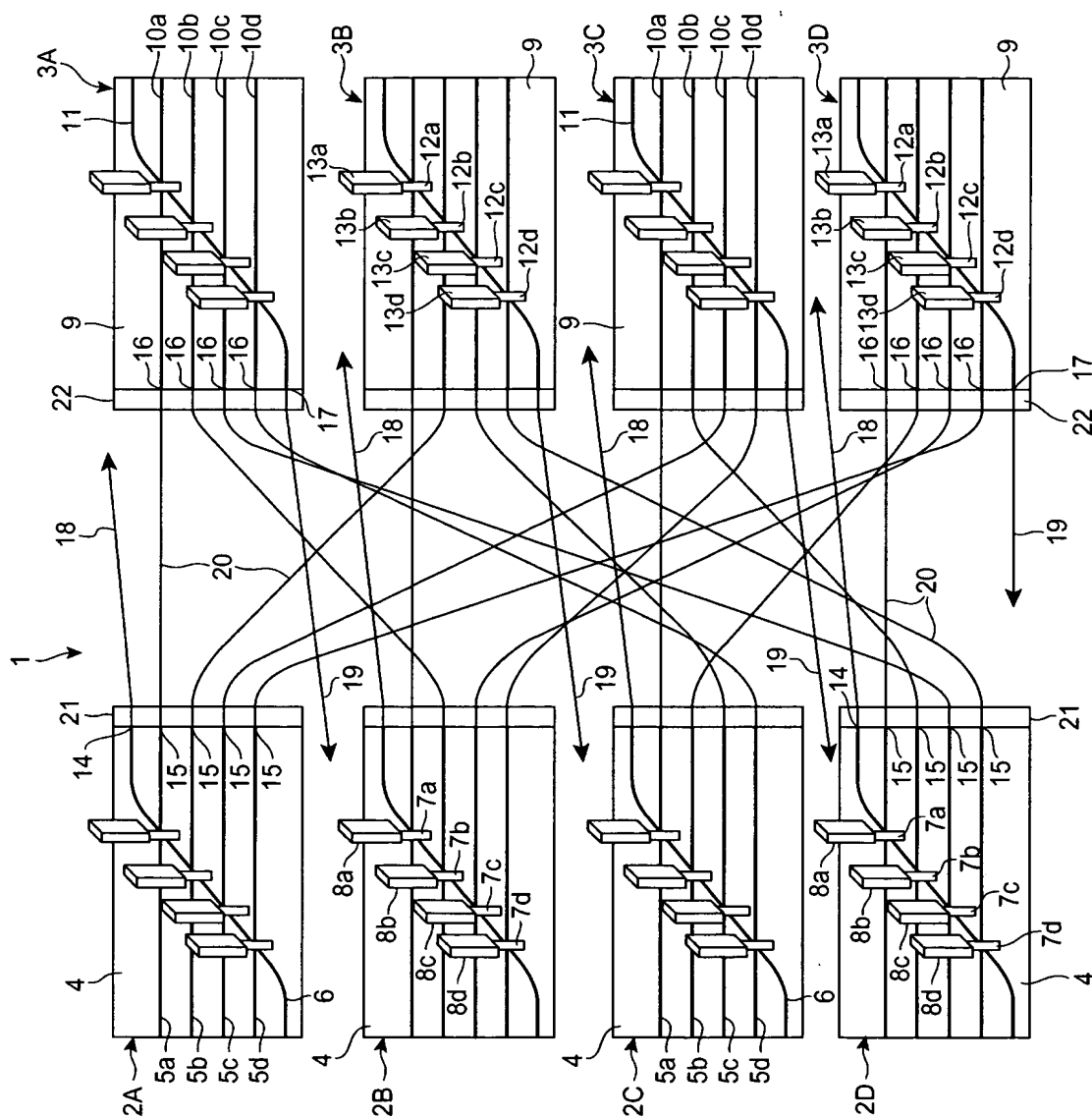
射ミラー（第 2 反射ミラー）、1 4…入力ポート、1 5…接続ポート（第 1 接続ポート）、1 6…接続ポート（第 2 接続ポート）、1 7…出力ポート、2 0…接続用光ファイバ、2 6…片持ち梁、2 7…櫛歯部、2 9…電極（第 1 駆動手段、第 2 駆動手段）、3 0…櫛歯部、3 1…電圧源（第 1 駆動手段、第 2 駆動手段）

。

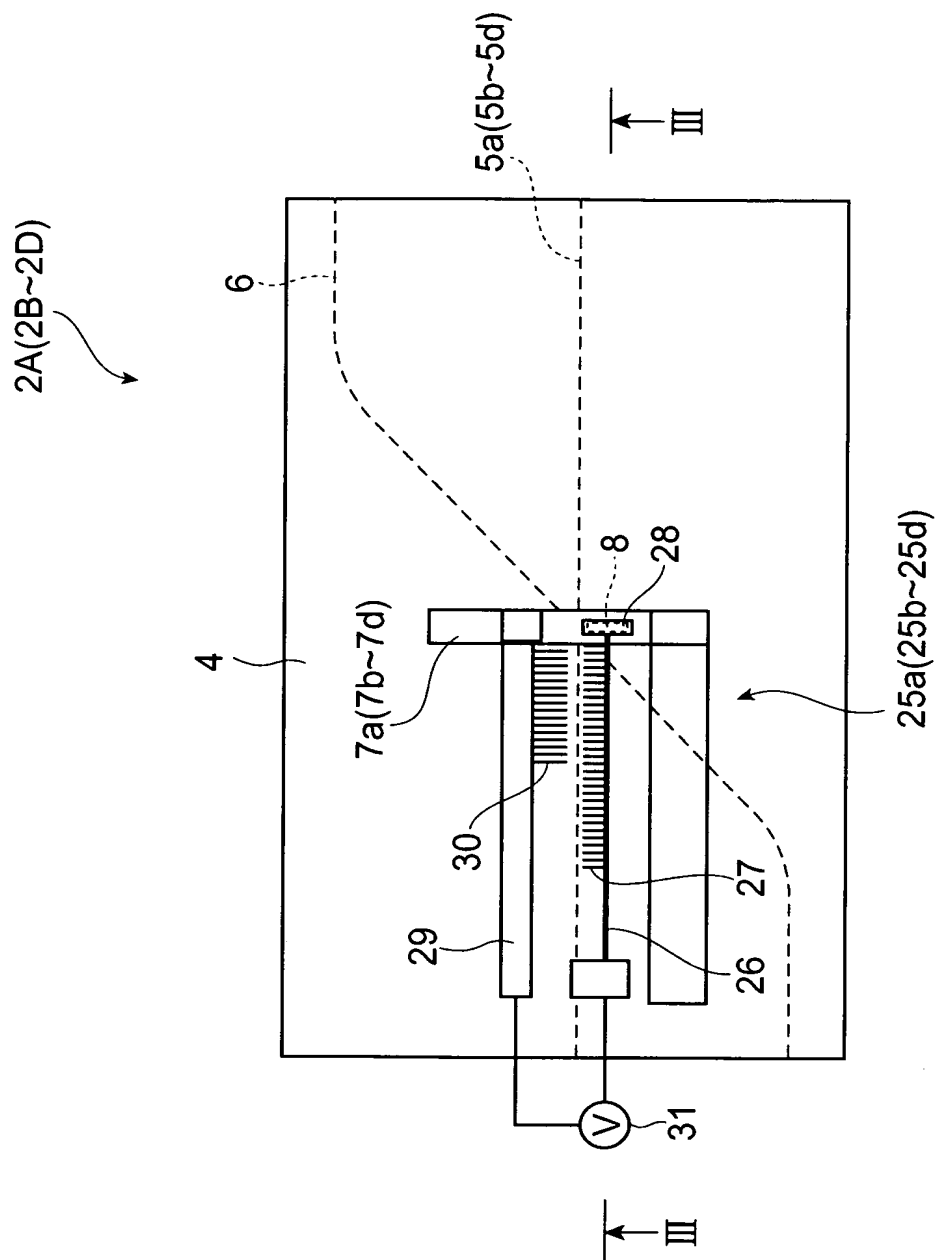
【書類名】

図面

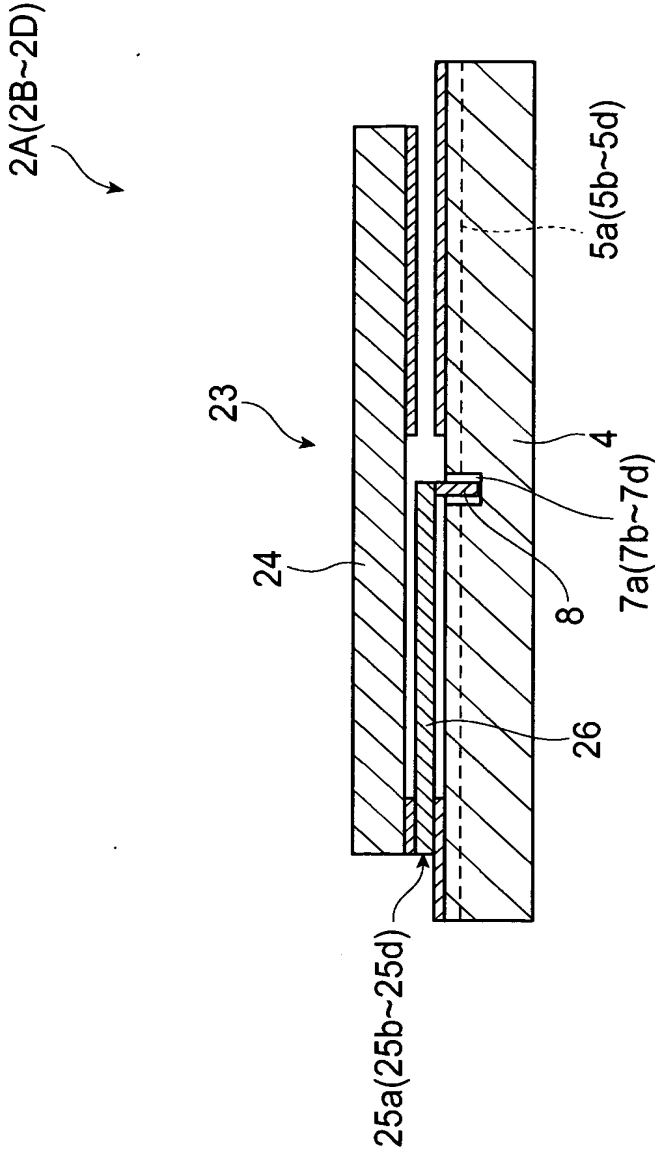
【図 1】



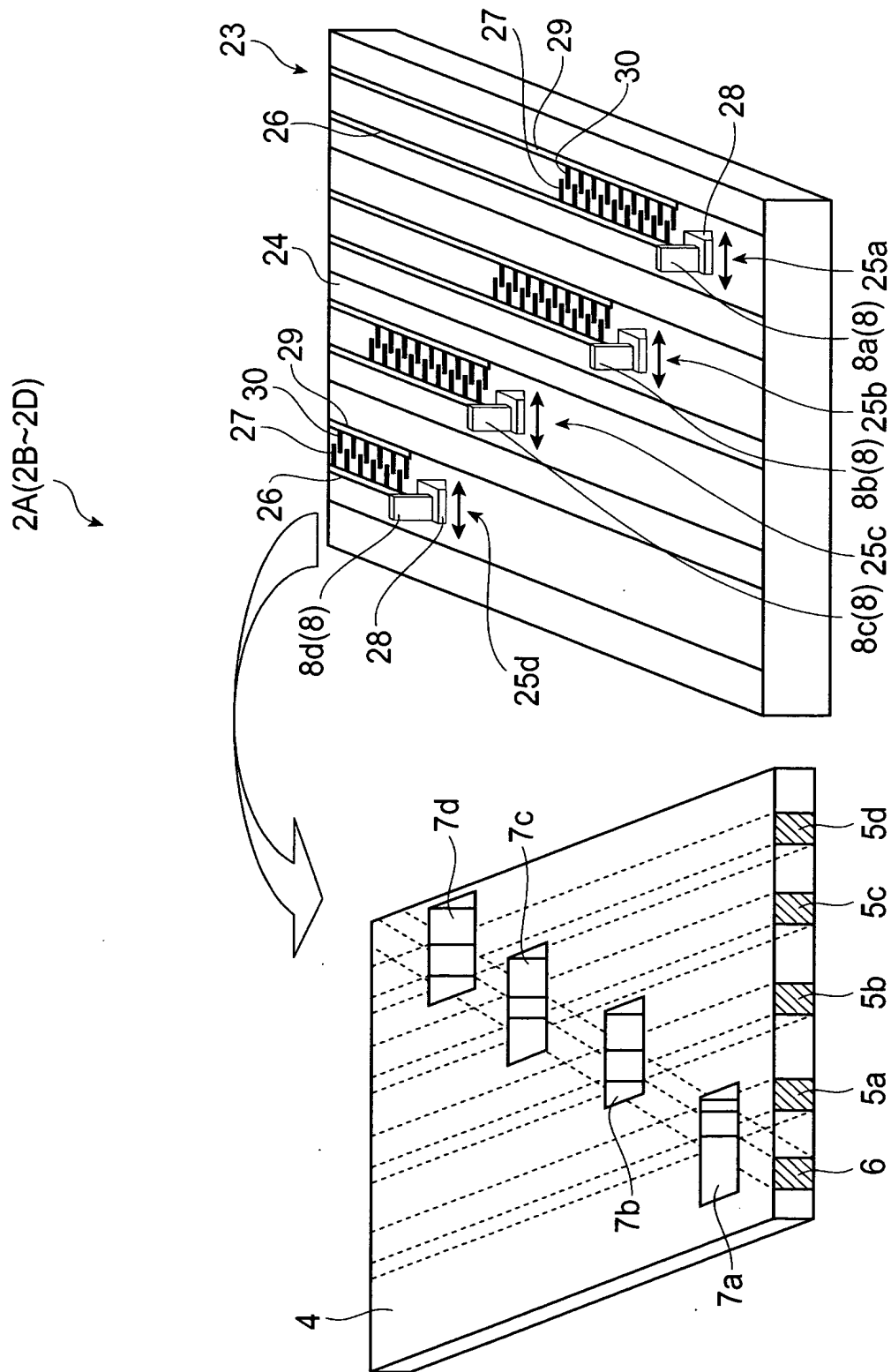
【図 2】



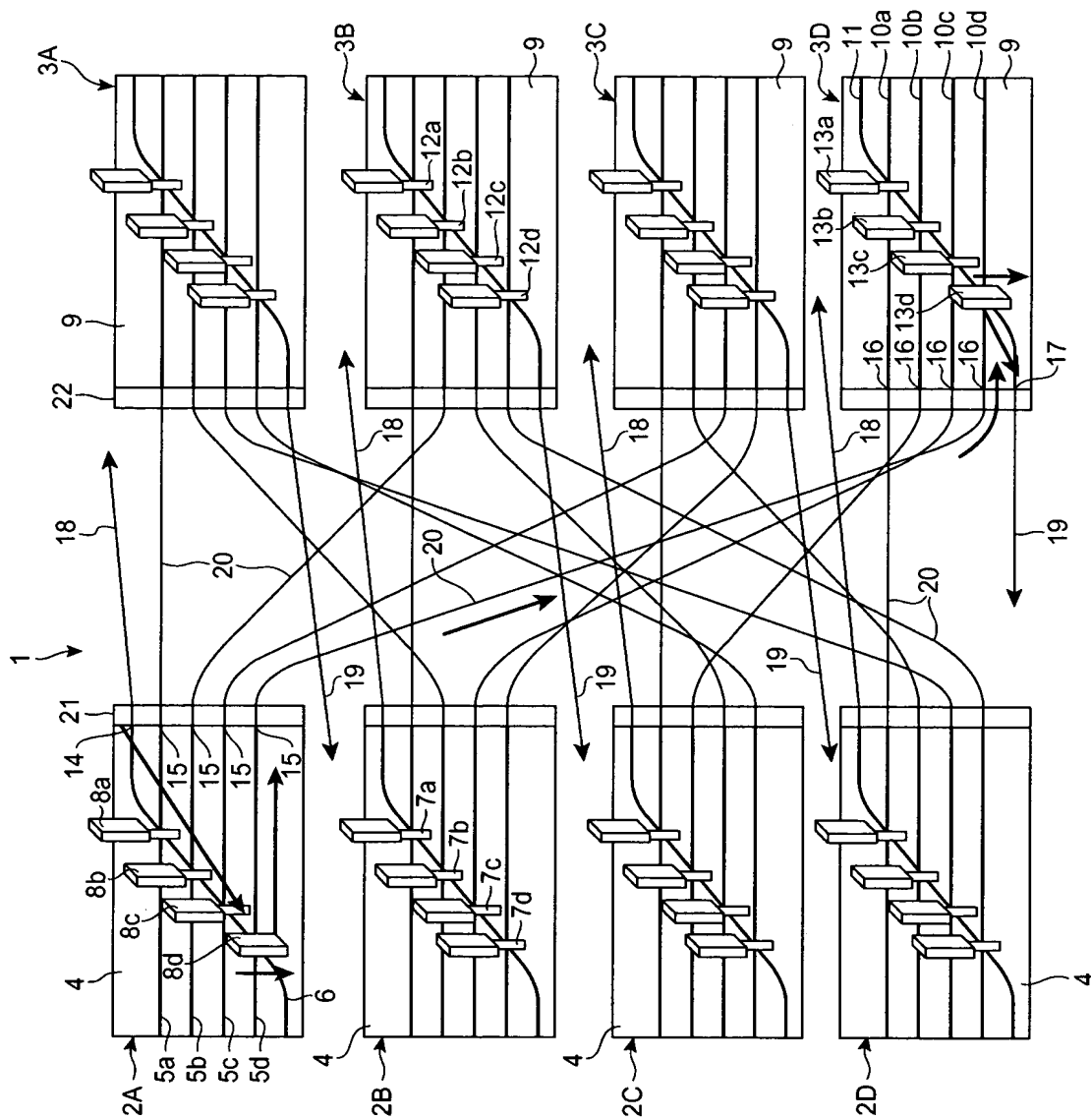
【図 3】



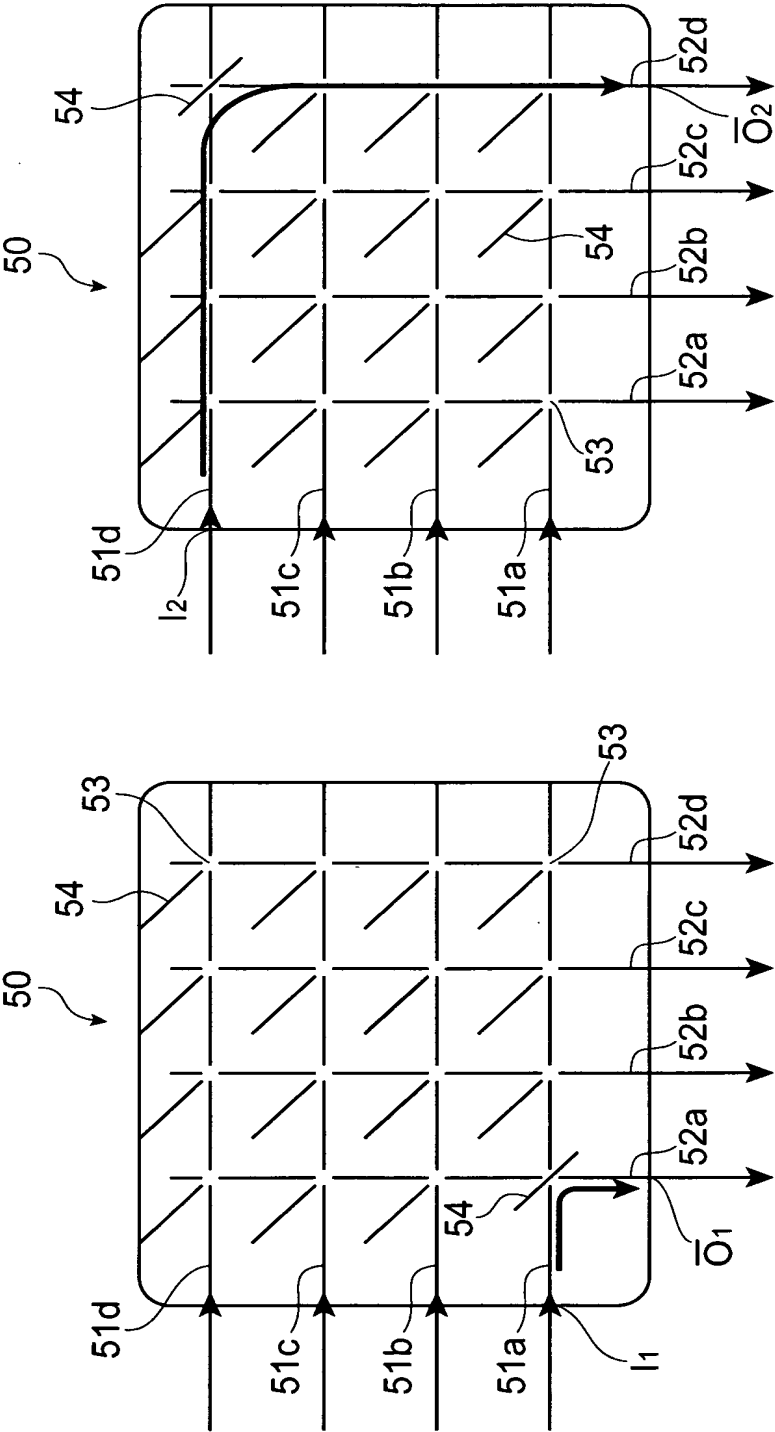
【図 4】



【図 5】



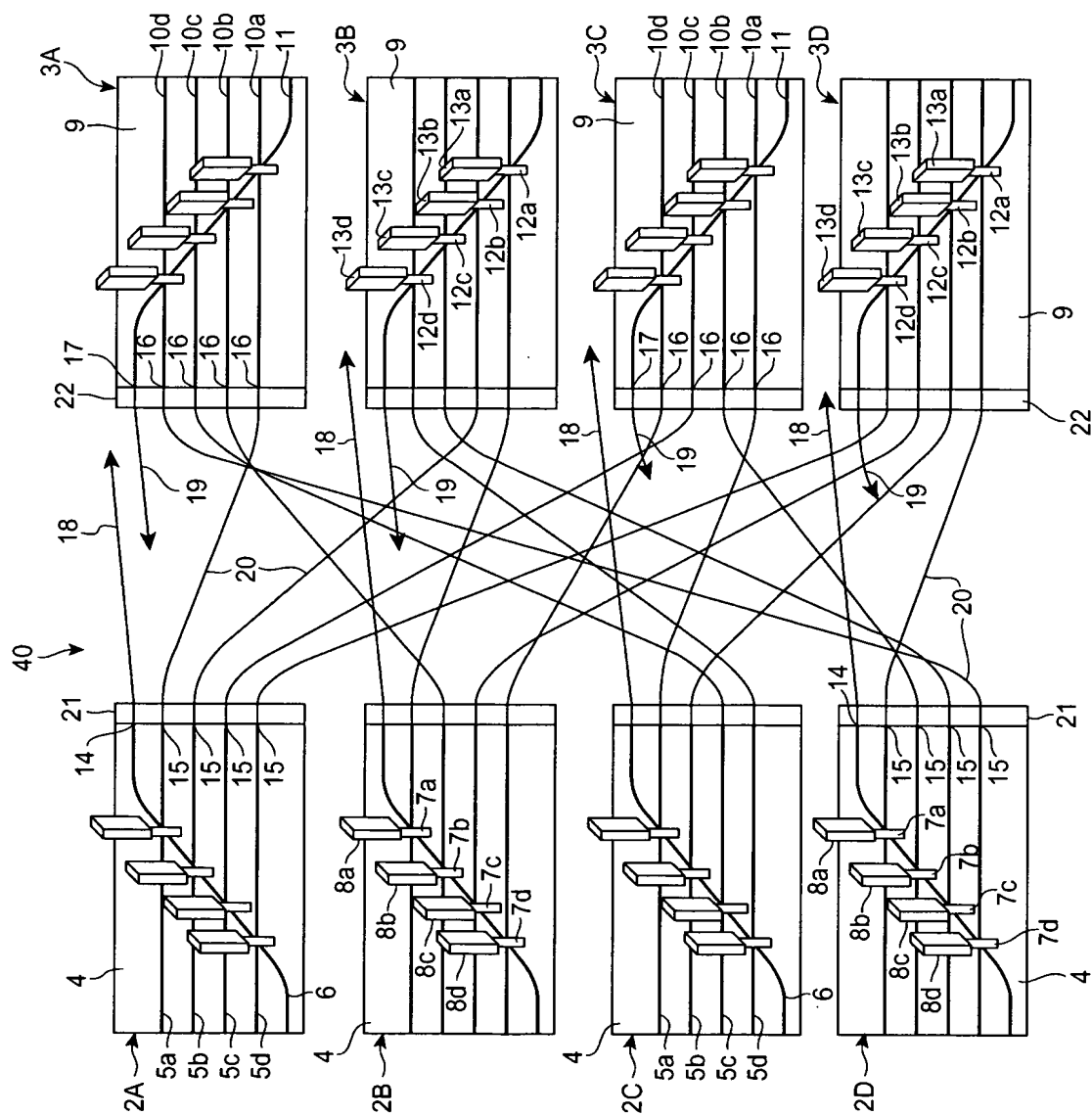
【図 6】



(b)

(a)

【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 経路の違いによる光損失の差を低減することができる光スイッチを提供する。

【解決手段】 光スイッチ 1 は、スイッチ部 2 A～2 D とスイッチ部 3 A～3 D とを備えている。スイッチ部 2 A～2 D は、接続用光導波路 5 a～5 d 及び入力用光導波路 6 を含む平面導波路 4 と、入力用光導波路 6 からの光を接続用光導波路 5 a～5 d に反射させる反射ミラー 8 a～8 d とを有している。スイッチ部 3 A～3 D は、接続用光導波路 10 a～10 d 及び出力用光導波路 11 を含む平面導波路 9 と、接続用光導波路 10 a～10 d からの光を出力用光導波路 11 に反射させる反射ミラー 13 a～13 d とを有している。また、光スイッチ 1 は、スイッチ部 2 A～2 D の各接続用光導波路 5 a～5 d を異なるスイッチ部 3 A～3 D の接続用光導波路 10 a～10 d に接続する 16 本の光ファイバ 20 を備えている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 6 5 4 7 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 3 0]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中心区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社